

CHAPITRE V : LES CIRCUITS EN COURANT CONTINU

1 GENERATEURS

1.1 Force électromotrice d'un générateur

القوة الكهرومغناطيسية المولدة

▲ Un générateur est un appareil qui fournit de l'énergie électrique au circuit ; c'est à dire un appareil qui transforme une énergie de forme quelconque en énergie électrique (pile, dynamo,...)

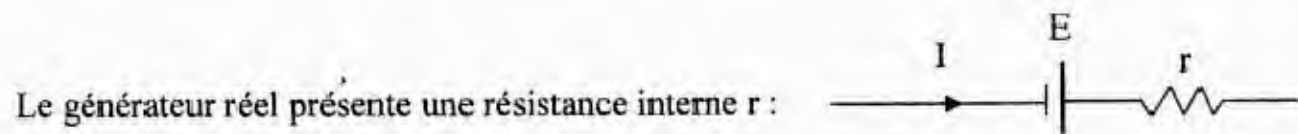
Un générateur possède à ses bornes une différence de potentiel constante appelée force électromotrice (f.e.m) : E

La puissance électrique fournie est liée à l'intensité et à la f.e.m par la relation :

$$P = \frac{dW}{dt} = EI$$



$E \neq V$
nécessaire



1.2 Loi d'Ohm appliquée à un générateur

قانون أوم مطبق على مولد

Soit dans un circuit un générateur de f.e.m E débitant dans un appareil A (voir figure). La puissance mise en jeu par la générateur est égale à la puissance absorbée par l'appareil A plus la puissance dissipée en chaleur dans le générateur (par effet Joule) :

القوة الكهرومغناطيسية المولدة

$$E = V_b - V_a + rI \quad E = (V_b - V_a) + rI$$

$$P = EI = (V_b - V_a)I + rI^2$$

ou bien

$$U = V_b - V_a = E - rI$$

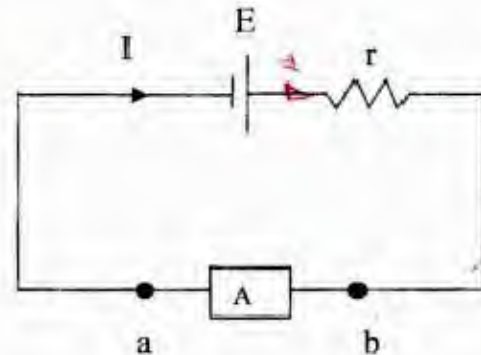
$$U = V_b - V_a = E - rI$$

Si A est une simple résistance :

$$U = RI$$

et

$$E = (R + r)I$$



2 2 RECEPTEURS

2.1 Définition d'un récepteur

▲ Un récepteur est un appareil qui transforme l'énergie électrique en une autre forme d'énergie (mécanique par exemple dans le cas d'un moteur).

La puissance électrique transformée est :

$$P' = E'I$$

E' est la force contre électromotrice (f.c.e.m.) du récepteur.

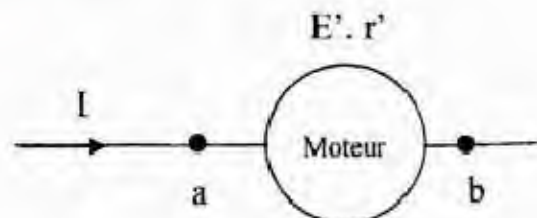
2.2 Loi d'Ohm appliquée à un récepteur

Considérons un récepteur de f.c.e.m E' et de résistance r' alimenté sous une ddp U . Si I est le courant qui traverse le récepteur, la puissance totale fournie est :

$$P = UI \quad \text{avec} \quad U = V_a - V_b$$

Cette puissance est d'une part transformée en énergie mécanique et, d'autre part, dissipée sous forme de chaleur dans le récepteur :

$$P = UI = E'I + r'I^2 \Rightarrow U = E' + r'I$$



Si le récepteur est une résistance (récepteur purement thermique) :

$$E' = 0 \quad \text{et} \quad U = r'I$$

3 LOI D'OHM GENERALISEE

3.1 Cas d'une portion de circuit :

Considérons une portion de circuit où l'on trouve en série :

- des générateurs (E, r)
- des récepteurs (E', r')

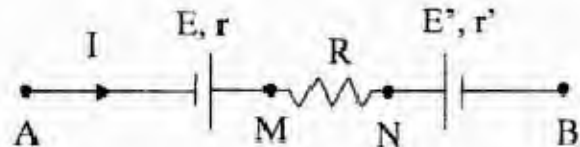
- des résistances R

Appliquons les lois d'Ohm :

$$V_A - V_N = rI - E$$

$$V_M - V_N = RI$$

$$V_N - V_B = r'I + E'$$



Ajoutons, membre à membre ; la différence de potentiel s'écrit :

$$V_A - V_B = I(R + r + r') + E' - E$$

▲ D'une façon générale :

$$V_A - V_B = I \left(\sum \text{résistance} \right) + \sum (\text{f.c.e.m}) - \sum (\text{f.é.m})$$

3.2 Cas d'un circuit fermé simple. Loi de Pouillet :

Soit un circuit fermé où tous les appareils et résistances sont en série. Cela revient à rejoindre les points A et B de la portion du circuit AB.

▲ $V_A = V_B$ donne la loi de Pouillet qui permet de calculer l'intensité :

$$I \left(\sum \text{résistances} \right) + \sum (\text{f.c.e.m}) - \sum (\text{f.é.m}) = 0$$

où encore

$$I = \frac{\sum (\text{f.é.m}) - \sum (\text{f.c.e.m})}{\sum (\text{résistances})}$$

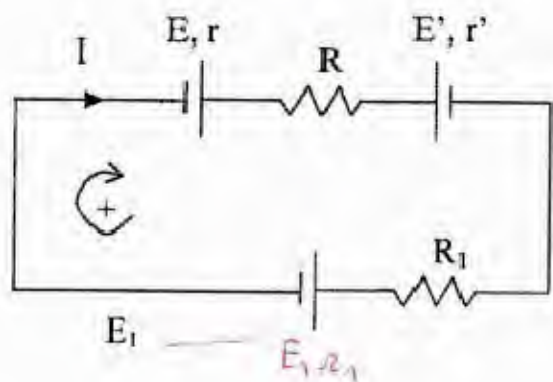
Exemple :

Soit le circuit de la figure. La loi de Pouillet donne :

$$(r + r' + r_1 + R + R_1)I - E + E' + E_1 = 0$$

Soit

$$I = \frac{E' + E_1 - E}{r + r' + r_1 + R + R_1}$$



4 RESEAUX - REGLES DE KIRCHHOFF

4.1 Définitions :

▲ Un réseau, est un ensemble de générateurs, résistances et récepteurs électriques reliés entre eux et constituant un ensemble de circuits fermés.

▲ On appelle nœud un point où se rejoignent au moins trois conducteurs.

▲ On appelle branche l'ensemble des générateurs, récepteurs et résistances en série situés entre deux nœuds consécutifs.

▲ On appelle maille tout circuit fermé constitué d'un nombre quelconque de branches du réseau.

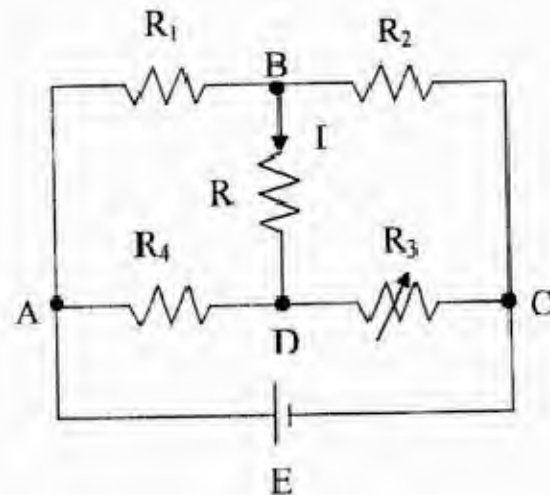
Exemple

Soit le réseau de la figure. Comme exemple nous avons :

Nœud : A

Branche : AB

Maille : ABDA



4.2 1^{ère} loi de Kirchhoff ou loi des nœuds

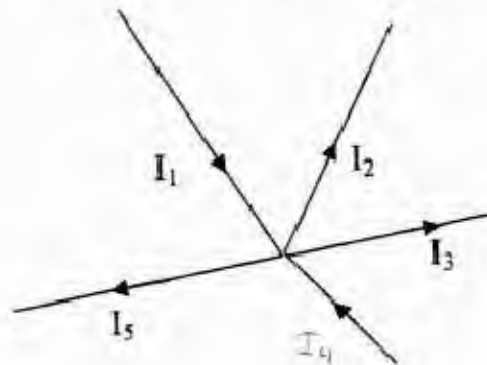
▲ La somme des intensités des courants qui arrivent au nœud est égale à la somme des intensités des courant qui en repartent.

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$$

Cette loi peut s'écrire :

$$\sum_i (\pm I_i) = 0$$

En adoptant la convention de mettre + I_i si le courant arrive au nœud, et $-I_i$ dans le cas contraire.



4.3 2^{ème} loi de Kirchhoff ou loi des mailles :

▲ Dans une maille, la somme algébrique des tensions est égale à zéro :

$$\sum V_i = 0$$

Exemple :

Considérons la maille ABCD et choisissons un sens arbitraire pour le courant fictif qui circule dans la maille. Désignons par I_1 , I_2 , I_3 et I_4 les courants dans les branches.

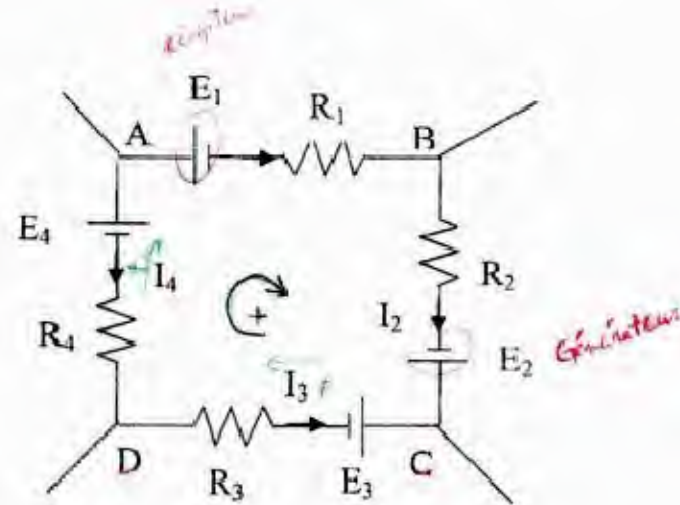
La loi d'Ohm donne :

$$V_A - V_B = E_1 + R_1 I_1$$

$$V_B - V_C = R_2 I_2 - E_2$$

$$V_C - V_D = E_3 - R_3 I_3$$

$$V_D - V_A = -R_4 I_4 - E_4$$



Additionnons membre à membres :

$$E_1 + R_1 I_1 - E_2 + R_2 I_2 + E_3 - R_3 I_3 - E_4 - R_4 I_4 = 0$$

C'est une équation de la forme

$$\sum_i (\pm R_i I_i) + \sum_i (\pm E_i) = 0$$

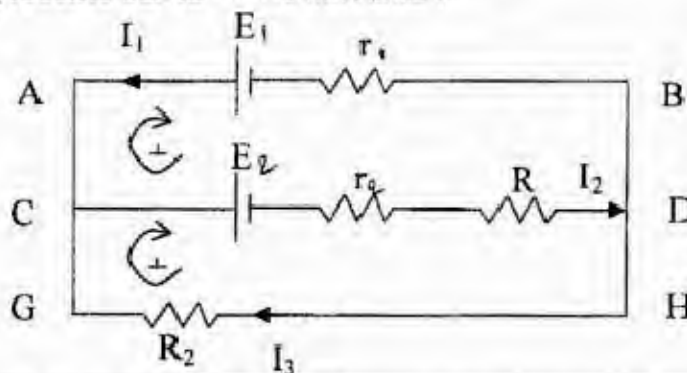
Cette équation se retrouve en utilisant la règle suivante :

- 1- On choisit un sens arbitraire de parcours sur la maille.
- 2- On met le signe + devant $R_i I_i$ si le courant I_i a le sens de parcours choisi, sinon on met le signe -.
- 3- Pour un générateur ou récepteur, on met le signe + devant E_i si on traverse l'appareil du pôle positif au pôle négatif, sinon on met le signe -.

Remarque : Dans cette méthode les I_i sont des quantités algébriques alors que les E_i sont des quantités positives.

4.4 Exemple d'utilisation des deux lois de Kirchhoff

On étudie le circuit représenté sur la figure suivante :



Le générateur 1 est de f.e.m $E_1 = 1\text{ V}$ et de résistance intérieure $r_1 = 0.5\ \Omega$

Le générateur 2 est de f.e.m $E_2 = 1.5\text{ V}$ et de résistance interne $r_2 = 1\ \Omega$

Les deux résistances sont $R_1 = 2.5\ \Omega$ et $R_2 = 2\ \Omega$

Le problème consiste à calculer :

1) Les courants I_1 , I_2 et I_3

2) Les différences de potentiel $V_A - V_B$, $V_C - V_D$ et $V_G - V_H$.

1) Calcul des courants I_1 , I_2 et I_3

La loi des nœuds donne

$$I_1 + I_3 = I_2$$

La loi des mailles donne :

Maille ABDC :

$$E_1 - r_1 I_1 - R_1 I_2 - r_2 I_2 - E_2 = 0$$

Maille CDHG :

$$E_2 + r_2 I_2 + R_1 I_2 + R_2 I_3 = 0$$

D'où le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ -r_1 I_1 - (R_1 + r_2) I_2 + 0 = E_2 - E_1 \\ 0 + (r_2 + R_1) I_2 + R_2 I_3 = -E_2 \end{cases}$$

A.N. :

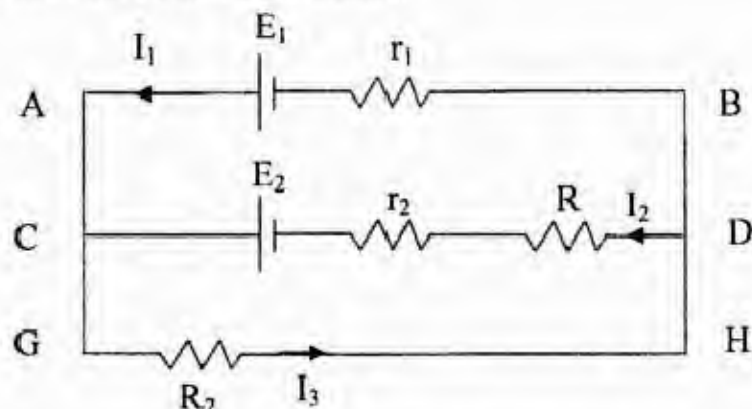
$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ -0.5 I_1 - 3.5 I_2 + 0 = 0.5 \\ 0 - 3.5 I_2 + 2 I_3 = -1.5 \end{cases}$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 0.5 & -3.5 & 0 \\ -1.5 & 3.5 & 2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -0.5 & -3.5 & 0 \\ 0 & +3.5 & 2 \end{vmatrix}} = \frac{2.5}{9.75} = -0.25\text{ A}, \text{ donc } I_1 \text{ circule bien de B vers A.}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & -1.5 & 2 \\ 1 & -1 & 1 \\ +0.5 & -3.5 & 0 \\ 0 & 3.5 & 2 \end{vmatrix}}{9.75} = \frac{-1.75}{9.75} = -0.18 \text{ A}, \quad \text{donc } I_2 \text{ circule en fait de D vers C}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 \\ -0.5 & -3.5 & 0.5 \\ 0 & 3.5 & -1.5 \\ 1 & -1 & 1 \\ +0.50 & -3.5 & +0 \\ 0 & 3.5 & 2 \end{vmatrix}}{9.75} = \frac{-4.25}{9.75} = -0.44 \text{ A}, \quad \text{donc } I_3 \text{ circule en fait de G vers H}$$

D'où le circuit avec les sens réels des courants:



2) Calcul des différences de potentiel $V_A - V_B$, $V_C - V_D$ et $V_G - V_H$.

On a :

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= V_C - V_D = V_G - V_H \\ V_G - V_H &= R_2 I_3 = 2 \times 0.44 = 0.88 \text{ V} \end{aligned}$$

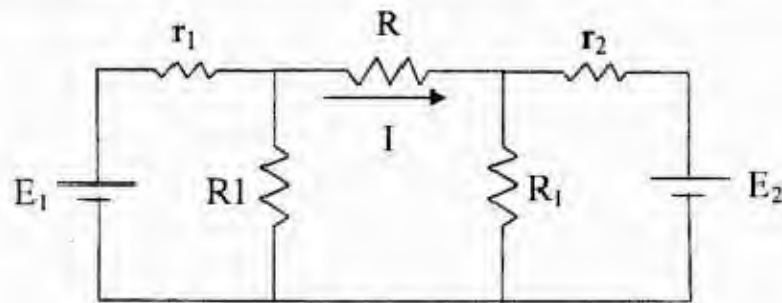
5 UTILISATION DES THEOREMES GENERAUX

5.1 Théorème de superposition :

▲ Lorsque, dans un réseau plusieurs appareils (générateurs et récepteurs) de f.e.m. E et de f.c.e.m. E' sont superposés, l'intensité du courant dans chacune des branches est la somme des intensités dues à chaque appareil agissant seul dans cette branche.

Exemple :

Appliquons le théorème de superposition Pour le courant I de la branche contenant la résistance R :



Ce circuit est équivalent à



On supprime E_2 et on le remplace par sa résistance interne r_2 .

On supprime E_1 et on le remplace par sa résistance interne r_1 .

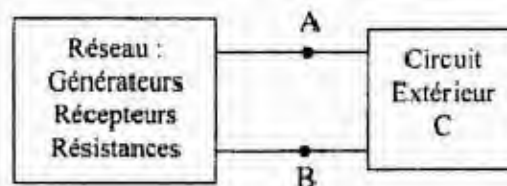
Le courant cherché est donc donné par :

$$I = I_1 + I_2$$

Dans cette méthode il faut choisir les courants I_1 et I_2 dans le même sens que celui de I .

5.2 Théorème de Thevenin

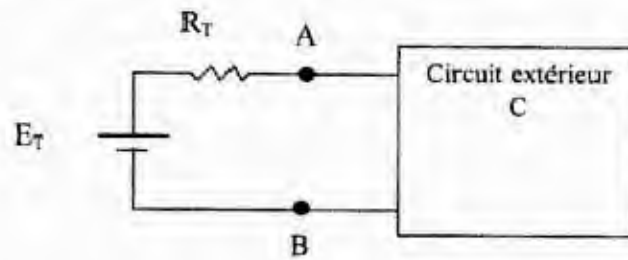
Soit un dipôle actif constitué par deux points A et B d'un réseau dont la différence de potentiel est $V_A - V_B$.



▲ Ce dipôle actif, vu de ses bornes, est équivalent à un générateur :

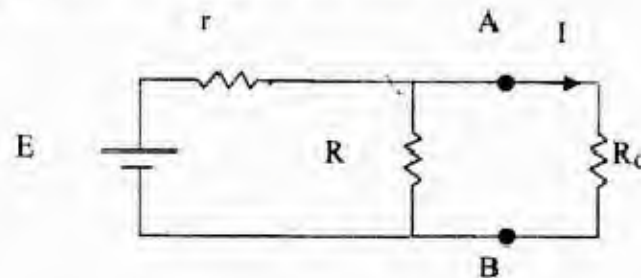
- de f.e.m $E_T = E_{AB}$ égale à la d.d.p aux bornes A,B du circuit ouvert (on supprime le circuit C et on calcule $V_A - V_B$)
- de résistance interne égale à la résistance équivalente $R_T = R_{AB}$ vue des bornes A,B du circuit ouvert lorsque les générateurs et récepteurs sont supprimés et remplacés par leurs résistances internes.

On obtient alors le circuit équivalent de Thevenin suivant :



Exemple :

On étudie le circuit représenté sur la figure suivante :



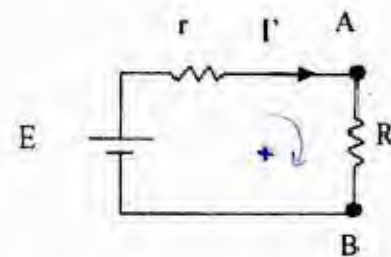
Le but est de calculer le courant I passant dans la résistance R_C .

- d.d.p aux bornes AB du dipôle (circuit ouvert)

$$E_T = V_A - V_B = RI'$$

$$\text{Avec } -E + rI' + RI' = 0 \text{ et } I' = \frac{E}{r + R}$$

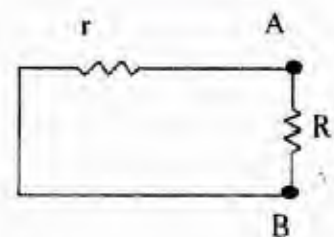
$$\text{d'où } E_T = V_A - V_B = \frac{RE}{r + R}$$



- Résistance équivalente R_{AB}

Dans le circuit ouvert, le générateur est remplacé par sa résistance interne r .

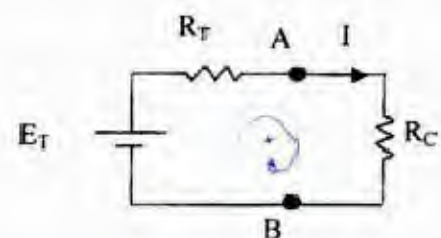
$$R_T = R_{AB} = r // R = \frac{rR}{r + R}$$



- Circuit équivalent de Thevenin :

$$-E_T + R_T I + R_C I = 0$$

$$\text{d'où : } I = \frac{E_T}{R_T + R_C}$$

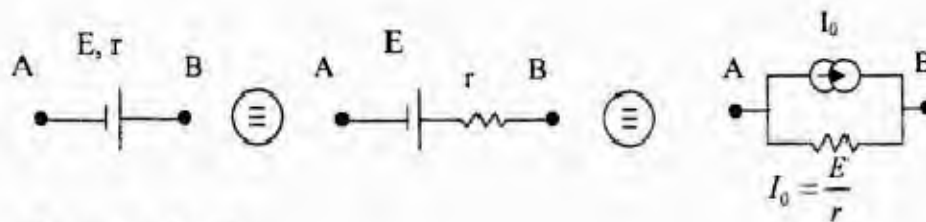


5.3 Théorème de Norton

5.3.1 Générateur de courant

Un générateur de courant est un générateur débitant un courant I_0 constant quelque soit le système connecté à ses bornes.

Un générateur de tension réel de f.e.m. E et de résistance interne r est équivalent à l'un ou l'autre des schémas suivants :

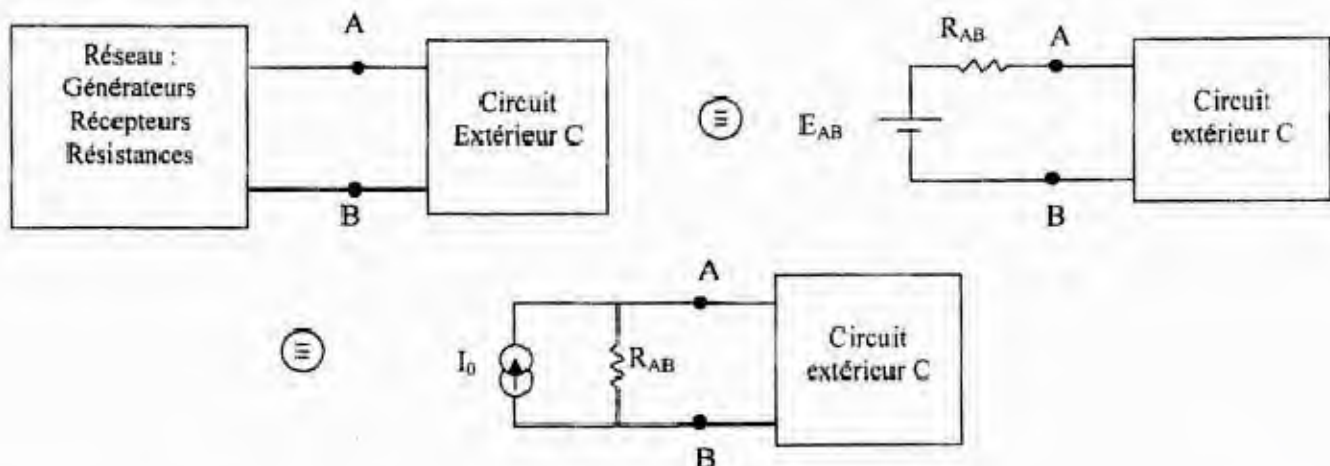


I_0 est le courant de court circuit.

5.3.2 Théorème

▲ Un générateur de f.e.m. $E = V_A - V_B$ et de résistance interne $r = R_{AB}$ branché dans un circuit extérieur peut être remplacé, par un générateur de courant d'intensité I_0 et de même résistance interne $r = R_{AB}$.

Ainsi on peut passer du théorème Thevenin au théorème de Norton de la façon suivante :



Avec $I_0 = \frac{E_{AB}}{R_{AB}}$, $E_{AB} = E_T$ et $R_{AB} = R_T$

Pour le calcul de E_{AB} et R_{AB} , on utilise la même démarche que dans le cas du théorème de Thevenin.

5.3.3 Autre énoncé du théorème de Norton

▲ Tout réseau dipolaire peut être modélisé entre A et B par un générateur de courant caractérisé par :

- un courant de court-circuit $I_{cc}=I_0$ égal au courant circulant entre A et B lorsqu'ils sont reliés ($U_{AB} = 0$ V) ;
- une résistance interne $R_N=R_{AB}$ égale à la résistance équivalente entre A et B du réseau dipolaire rendu passif (les sources étant remplacées par leurs résistances internes).

12.3.10017 A n = R



ETU SUP.com

Programmmation
Cours
Electricité
Physique
Résumés
Analyse
Livres
Exercices
Contrôles Continus
Langues
Thermodynamique
Multimedia
Divers
Economie
Travaux Dirigés
Chimie Organique
Informatique
Optique
Chimie
Algèbre
Corrigés
Mathématiques
Mécanique
Travaux Pratiques
Droit

et encore plus..